

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	いわき あさこ 岩城 麻子
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 23 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 地球惑星科学 専攻
(学位論文題目) Study on Seismic Wave Propagation Characteristics in a Sedimentary Basin and Waveform Inversion for Three-dimensional Basin Boundary Shape (堆積盆地内の地震波伝播特性及び 3 次元盆地境界面形状の波形逆 解析に関する研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 岩田 知孝 教授 飯尾 能久 教授 平原 和朗 教授

理 学 研 究 科

(続紙 1)

京都大学	博士（理 学）	氏名	岩城 麻子
論文題目	Study on Seismic Wave Propagation Characteristics in a Sedimentary Basin and Waveform Inversion for Three-dimensional Basin Boundary Shape （堆積盆地内の地震波伝播特性及び 3 次元盆地境界面形状の波形逆解析に関する研究）		
大規模堆積盆地で発達する長周期地震動（ここでは周期数秒から数十秒）は、地震波動論の課題として、その生成過程と地下構造との関連の解明や巨大地震時の地震動予測の高精度化のために重要である。本研究では大阪堆積盆地をテストフィールドとして、長周期地震動の伝播特性と、地震記録を用いた堆積盆地の地下構造モデルの推定方法についての研究を行った。 前半では、大阪堆積盆地で観測される長周期地震動特性の把握と、既往の大阪堆積盆地の 3 次元速度構造モデルの、長周期地震動シミュレーションへの適用性を調べた。大阪盆地内で多数の機関の強震記録を収集し、まず、特定の地震に対する観測点毎の地震動特性の再現性を調べた。2004 年 9 月の紀伊半島沖地震の最大余震の記録をターゲットとし、3 次元地殻・地盤速度構造モデルに基づいて長周期地震動シミュレーションを行い、多くの観測点において観測最大速度振幅値は 3/4 から 4/3 の範囲で再現できていることを示し、また擬似速度応答スペクトルの形状や卓越周囲の再現性を客観的に評価する指標を提案して、モデルの観測再現性を評価した。これによれば、大阪盆地の北東部において観測再現性が劣ることがわかった。次に観測サイト固有の震動特性を解析するため、観測地震波コーダ部分の水平上下スペクトル比（観測 HV）を求めた。観測 HV は、ピーク周期の周辺では地震の震源深さや地震波の到来方向によらず観測点固有の特徴を示すことがわかった。到来方向の異なる複数の地震による 3 次元地震動シミュレーションから得られる理論 HV を 3DHV、各観測点直下の堆積層構造による Rayleigh 波基本モードの理論楕円率を 1DHV とすると、観測 HV と 3DHV のピーク周期はほとんどの観測点において±1 秒以内に収まったが、盆地の北部と北東部に位置する一部の観測点では 1.5 秒以上の乖離があった。また、各観測点での 1DHV と 3DHV のピーク周期は一致せず、3DHV がある程度の広がりを持った地下構造の影響を受けていることを指摘し、3 次元波動伝播を考慮した構造推定手法の必要性を示した。 後半では、3 次元波動伝播を考慮した速度構造推定手法として地震波形インバージョンによる 3 次元盆地形状（地震基盤面形状）の推定手法を提案し、大阪堆積盆地に適用した。B-spline 関数によって基盤面形状を表し、spline 係数をインバージョンで推定するモデルパラメータとした。はじめに実際の解析条件（観測点分布や初期モデルなど）を模した数値実験により手法の妥当性を確認した。感度関数（Jacobian）を構成するモデルパラメータに対する波形の変分に着目し、解析区間によって感度の空間分布が変化すること、また、地震波の到来経路に位置するモデルパラメータに対してより感度が高いことを示し、これらの時空間的な分解能の違いを利用して、直達波部分及び直達波と後続波部分の二つのタイムウィンドウを段階的に用い、到来方向の異なる複数の地震記録を同時に逆解析する手法を提案した。本手法を 2 つの M5 地震の地震記録に適用し、既往の盆地速度構造モデルの更新を行った。ほとんどの観測点において観測波形との適合性が初期モデルに比べて改善し、また観測 HV と 3DHV のピーク周期の再現性と、ボーリング情報による地震基盤深度との対応が改善した。観測地震波形を用いて 3 次元盆地構造モデルを推定・改良することが可能であることが本論文の提案手法により初めて示された。			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

堆積盆地構造をなす平野部や盆地で観測される長周期地震動は盆地の 3 次元構造に起因する複雑な波動伝播を反映しているため、3 次元盆地速度構造モデルの構築とその高度化は長周期地震動の定量的評価のために不可欠であり、この周期帯域における不均質媒質中の地震波動場生成・伝播過程を理解する上で重要である。本論文では、大阪堆積盆地をテストフィールドとして、既往の地下構造モデルの性能評価と 3 次元盆地構造が地震動に及ぼす影響について議論し、それに基づいて波形インバージョンによる盆地速度構造推定手法を提案して既往のモデルの改良を行った。

本論文の前半においては、特定の地震による地震動特性の評価と観測点固有の地震動特性（観測 HV）について 3 次元地下構造モデルを用いた地震動シミュレーションに基づいて、盆地内に空間的に密に配置された観測点ごとの再現性の善し悪しを定量的に評価した。観測 HV と 3 次元地下構造モデルから計算される 3DHV のピーク周期に着目して比較し、現時点で構築されている地下構造モデルの再現性を評価した。一方観測点直下の 1 次元水平構造から計算される Rayleigh 波基本モードの理論楕円率を 1DHV として 3DHV と比較したところ、1DHV と 3DHV のピーク周期は必ずしも一致しなかった。これは、地下構造の横方向の不均質性が HV 特性に与える影響を示唆しており、対象領域の盆地構造モデルの改良には、3 次元波動伝播を考慮した速度構造推定手法を導入する必要性を示している。

後半部では、3 次元波動伝播を考慮した速度構造推定手法として、観測地震波形を用いた 3 次元堆積盆地基盤面形状のインバージョン手法を提案した。いくつかの数値実験を踏まえ、実地震記録への適用にあたっては、直達波部分及び後続波群を含んだ部分の 2 つの時間窓を設定し、地震波到来方向の異なる 2 イベントの記録を用いる 2 段階マルチイベントインバージョン法を提案した。本手法を大阪堆積盆地速度構造モデルの更新に適用した。得られた更新モデルは、観測地震波形の再現性の向上に加え、論文前半部の観測 HV 特性の再現性の向上、及びボーリング情報による実測の地震基盤深度との一致度も改善した。

本論文は観測地震波形を用いて 3 次元盆地速度構造モデルの推定・改良を初めて行い、成功させており、高く評価することができる。本研究で提案する手法に基づき、後続動まで含めた地震波形を再現する地下構造モデルを構築することは、地震波の堆積盆地内での伝播過程を把握するとともに、信頼度の高い地震動の予測につなげることができ、応用面での発展も十分期待される。

参考論文計 11 篇は、堆積盆地内の地震動シミュレーションに基づく地下構造モデルの性能評価、波形インバージョンによるモデルの改訂、および想定シナリオ地震による予測地震動に関する重要な研究成果をまとめたものである。これは申請者に継続的に研究を積み重ねて発展させていき、その成果をまとめていく力があることを示している。

要旨公開可能日： 年 月 日以降